

補助事業番号 2017M-104

補助事業名 平成29年度 三次元LIADRに揺動機構と反射鏡を用いた測量システムの開発  
補助事業

補助事業者名 防衛大学校情報工学科 教授 滝田 好宏

## 1 研究の概要

近年、自律移動ロボットや車の自動運転において不可欠とされているセンサがLIADRである。LIADRは昼夜を問わず計測データが得られ、画像センサと比較して安定し確実でもある。複数の発光と受光部を備えたマルチビーム型三次元LIADRは比較的高価であるが、360°の視界において三次元の距離情報を得ることができるため、より強固な自己位置推定と物体の認識に用いることができる。しかし、上下の視野角には限りがあり、走査ビームが照射されない空間が存在するための問題点がある。そこで、著者はレーザ光線の開角の間を走査することができる揺動機構を考案した。この装置によってビーム間を埋める走査線の数が10倍以上増加し、静止した状態で高精細な環境データを得ることが可能になった。本研究では三次元LIADRと揺動機構の組み合わせた装置を特に地表面を計測する測量に用いる方法を提案する。具体的には本装置の計測装置としての精度を向上させ、路面の凹凸の状況を判断できるソフトウェアの開発と、取得したデータを自律移動ロボットの環境地図に適用してAR Skipper(平成28年度JKA補助(28-104)で開発)を走行させる。また、これまでに作成して用いた地図と走行軌跡とロボットの動作を比較する。

## 2 研究の目的と背景

たとえば、道路舗装工事の計画から検査まで行う一般的な方法は、地表面の高さをトータルステーション等の計測装置を用いて測量する荒い点の情報を基に行ってきた。近年マルチロータに三次元LIADRを搭載した計測装置による面のデータを取得することができるようになってきたが、移動中にデータを取得するため計測精度に問題があることが分かっており、一工夫することで価格に見合った精度がえられることが期待できる。

本研究では、これまで自律移動ロボットの制御に用いてきた複数レーザビーム方式の三次元LIADRを地表面の測量に用いる方法を提案する。具体的には、LIADRの上方向のビームを地表面に向けるような円錐形の反射鏡を試作して搭載し、これをビームの開角だけ揺動する機構に乗せることによって、すべてのレーザを地表面計測に使用し、詳細なデータを得る測量システムを構築する。

3 研究内容 URL : [http://www.nda.ac.jp/cs/robotics\\_2017/index.html](http://www.nda.ac.jp/cs/robotics_2017/index.html)

三次元LIADRに揺動機構と反射鏡を用いた測量システムの開発

### (1) 高精度高密度の三次元データの精度評価

これまでは揺動機構にLIADRを搭載してPCの画面に表示した三次元アニメーションのみで評価を行っていた。しかし、測量装置としては精度が要求されるので、揺動機構の旋回角とLIADRの出

カデータのタイミングの調整と慣性航法装置(IMU)によって姿勢角の補正を行うプログラムとすることで、本システムの計測装置の精度を評価してLIADR本来の性能まで到達した。

#### (2) 自律移動ロボット用三次元地図作成

本装置によって出力されたデータを、自律移動ロボットの自己位置推定に用いることができる三次元地図の作成を試みた。このためには複数の地点でデータを取得して、それぞれのデータの一致点を探して一つの地図に統合した。今回の方法は自動的に行うプログラムではなく、手動で行った。ここで作成した三次元環境地図とこれまでのSLAMを用いて作成した地図を用いて自律移動ロボットAR Skipperを走行させて、走行軌跡と挙動を比較検討して、良好な走行結果を得た。なお、本研究の題目にあるようにLIADRの反射鏡を試作してみたが、鏡への入射角が小さい関係で発光したレーザーが受光素子に戻らない現象が分かり、これまでに検出範囲の拡大には至っていないので、今後検討する。

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

マルチビーム型三次元LIADRに揺動機構を用いることで、静止した状態において高精度・高密度の三次元距離データを得ることが可能となった。今後の処理プログラムの向上を図ることにより、土木測量に適用することが可能である。また、ここで取得した三次元データを自律移動ロボットの三次元環境地図として用いることにより、自律ロボットが高精度に自己位置推定が行えることが期待される。また、近年発展している土木工事の情報化施工技術に適用できるセンサとしても利用可能である。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

三次元LIADRを用いて自律移動ロボットの制御に関する研究を行ってきたが、このマルチビーム式三次元LIADRを他の用途に用いることはできないかと考えていた。道路工事での完成検査を簡単に行う方法がないことを聞いて本研究の発想に至った。本研究では揺動機構を開発して、停止した状態で高精度・高密度の点群データを得ることによって、比較的安価に地表面の測量データをえることが可能になった。また、ここで得られた三次元点群データから自律ロボットの地図に適用できるようになった。

#### 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- ① 3D-LIADR に揺動機構を用いた測量システムの研究, 第35回日本ロボット学会講演会論文集, 3C1-04, 東洋大学(埼玉県川越市)
- ② 3D-LIADR と揺動機構による平坦度評価システムの研究, 日本機械学会関東支部第24期総会・講演会論文集, OS0409, 電気通信大学(東京都調布市)
- ③ Making a 3D Cuboid Map Using Multi-layer 3D LIDAR with Swing Mechanism, Journal of Robotics and Mechatronics Vol.30 No.4, 査読中

## 7 補助事業に係わる成果物

### (1) 補助事業により作成したもの

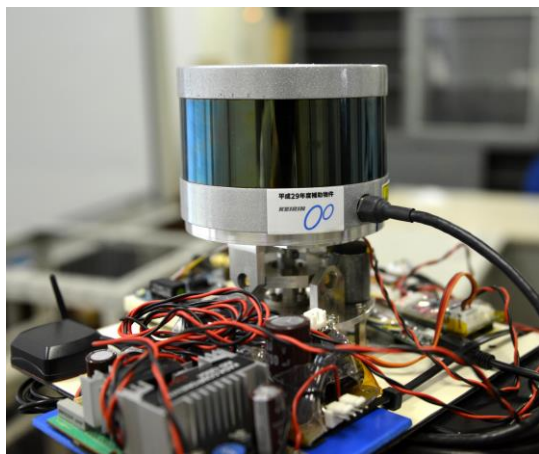
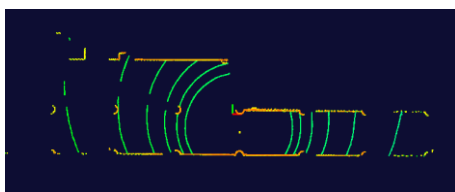


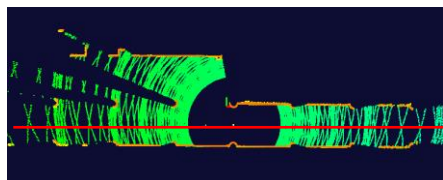
図1 試作した揺動機構と3D-LIADR



図2 計測用移動台車



(a) 3D LIDARのみのデータ



(b) 揺動機構を用いた取得データ

図3 本校図書館前通路の計測結果

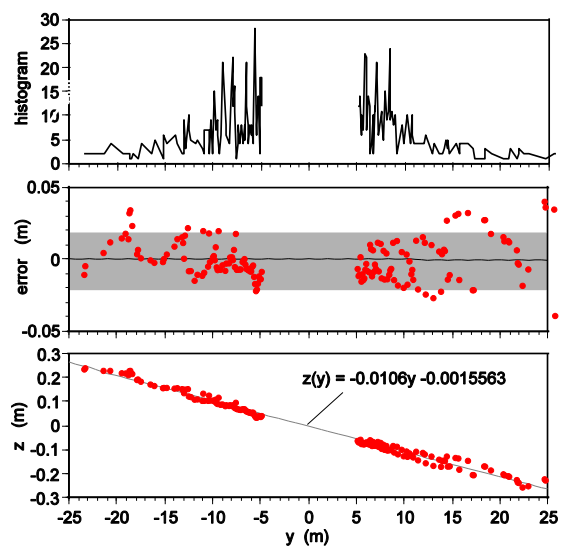


図4 図3の赤のライン上の計測結果, 下から高さ, 計測誤差, 高さを示す. 平面は $0.6^\circ$ の傾斜を持っているように見えるが, IMUの精度の範囲となっている.

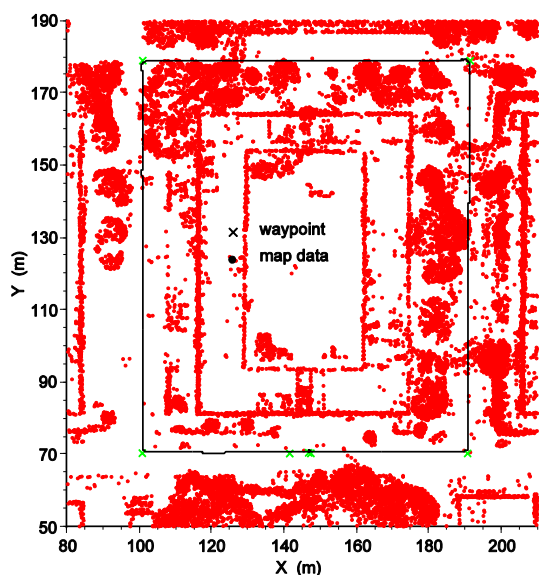


図5 取得したデータを基に自律移動ロボットのための3次元地図とロボットの走行軌跡



図6 地図を作成した場所の衛星写真 (google earth)

#### 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 防衛大学校（ボウエイダイガッコウ）

住 所： 〒239-8686

神奈川県横須賀市走水1-10-20

担 当 者： 教授 滝田 好宏（タキタ ヨシヒロ）

担 当 部 署： 情報工学科（ジョウホウコウガクカ）

E - m a i l: takita@nda.ac.jp

U R L: [http://www.nda.ac.jp/cs/robotics\\_2017/index.html](http://www.nda.ac.jp/cs/robotics_2017/index.html)